



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 01 804 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 01 D 5/18**  
F 01 D 25/00  
// F 01 D 21/10

⑳ Aktenzeichen: 198 01 804.5  
㉔ Anmeldetag: 19. 1. 98  
㉕ Offenlegungstag: 22. 7. 99

DE 198 01 804 A 1

㉑ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

㉒ Erfinder:  
Becker, Bernard, Dr., 45481 Mülheim, DE

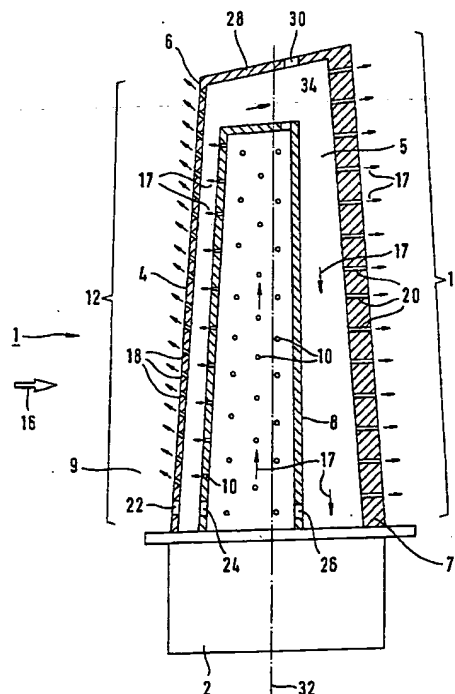
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 1 97 20 461 A1  
DE 24 42 638 A1  
DE 69 0 03 34 9T2  
US 56 18 353 A  
JP 07-1 19 402 A  
JP 01-1 78 703 A

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Turbinenschaufel sowie Verfahren zur Inspektion und/oder Reinigung einer Turbinenschaufel

⑤⑦ Es wird eine mit Kühlluft beaufschlagte Turbinenschaufel (1), insbesondere eine Leit- oder Laufschaufel einer Gasturbine, angegeben, die ein oder mehrere Durchtrittsöffnungen (22) für ein Inspektionswerkzeug (35) und/oder Reinigungswerkzeug aufweist. Größe und Lage der Durchtrittsöffnungen sind so gewählt, daß sie keinen nachteiligen Effekt auf die Kühlung der Turbinenschaufel (1) haben. Bei der Inspektion und/oder Reinigung der Turbinenschaufel (1) wird das Inspektions- und/oder Reinigungswerkzeug (35) von außen durch die Durchtrittsöffnung (22) in den Innenraum (5) der Turbinenschaufel (1) eingeführt. An verschmutzten Stellen wird durch das Inspektions- und/oder Reinigungswerkzeug (35) gezielt Reinigungsfluid injiziert.



DE 198 01 804 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel, insbesondere eine Gasturbinenschaufel, und ein Verfahren zur Inspektion und/oder Reinigung einer Turbinenschaufel, insbesondere einer Leit- oder Laufschaufel einer Gasturbine.

Um einen hohen Wirkungsgrad beim Betrieb einer mit einem Aktionsfluid, insbesondere einem heißen Gas, betriebenen Turbine, insbesondere einer Gasturbine, zu erzielen wird das Aktionsfluid auf eine hohe Temperatur aufgeheizt. Bei einer Gasturbine mit einer Brennkammer zur Erzeugung des heißen Aktionsfluids werden die der Brennkammer nächstgelegenen Leit- und Laufschaufeln von einem Kühlgas durchströmt, um den dort herrschenden, hohen Temperaturen zu widerstehen. Diese Temperaturen können z. B. bei einer Gasturbine oberhalb des Schmelzpunktes des für die Herstellung der Gasturbinenschaufel verwendeten Werkstoffes liegen.

In dem Buch von F. Dietel, "Turbinen, Pumpen und Verdichter", Vogel Verlag, 1. Aufl., 1980, auf Seite 147 ff., ist eine Gasturbine beschrieben, bei der die Leit- und Laufschaufeln der ersten Turbinenstufe mit einem Kühlluftstrom gekühlt werden. Durch die Kühlung wird die Temperatur unterhalb eines für die mechanische Stabilität der Schaufeln kritischen Wertes gehalten, so daß die mechanische Stabilität und damit die Funktionstüchtigkeit der Gasturbinenschaufel bei diesen Bedingungen gewährleistet ist. Eine von einem Aktionsfluid der Turbine umströmbare Außenwand der Gasturbinenschaufel umschließt bei dieser Art der Kühlung einen Innenraum, der von der Kühlluft durchströmbar ist. Die Kühlluft wird einer der Gasturbine zugeordneten Verdichterstufe entnommen und den Lauf- und Leitschaufeln zur Kühlung zugeleitet. In einem Anströmbereich der Turbinenschaufel sind mehrere Kühlluftöffnungen angebracht, die den Innenraum der Turbinenschaufel mit einem von dem Aktionsmedium durchströmbar Außenraum verbinden. Bei Betrieb der Turbine tritt aus den Öffnungen Kühlluft aus dem Inneren der Turbinenschaufel bis auf die Oberfläche der Außenwand aus. Auf der Oberfläche bildet sich in diesem Bereich ein Kühlluftfilm, der die Turbinenschaufel vor einer zu starken Erwärmung schützt. Diese Art der Kühlung ist auch als Filmkühlung bekannt. Solche Austrittsöffnungen für Kühlluft sind auch auf einer Abströmseite der Turbinenschaufel vorgesehen. Die Austrittsöffnungen auf der Anströmseite weisen einen sehr geringen Durchmesser auf, damit sich ein hinreichend dünner Kühlluftfilm ausbildet, der die Oberflächentemperatur der Turbinenschaufel unterhalb eines kritischen Wertes hält, und gleichzeitig der Kühlluftbedarf der Turbine nicht übermäßig ansteigt. Zur weiteren Verminderung des Kühlluftbedarfs haben auch die Öffnungen auf der Abströmseite der Turbine einen geringen Durchmesser.

Bei filmgeköhlten Turbinenschaufeln besteht unter bestimmten Umständen die Gefahr, daß sich die Öffnungen im Anström- und im Abströmbereich aufgrund ihres geringen Querschnitts durch verschmutztes Kühlmedium zusetzen können. Weiterhin kann auch die Gefahr bestehen, daß sich im Innenraum der Turbinenschaufel angeordnete Kühlluftkanäle nach und nach mit Ablagerungen aus verschmutzter Kühlluft zusetzen.

Aufgabe der Erfindung ist es eine gekühlte Turbinenschaufel anzugeben. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist ein Verfahren zur Inspektion und/oder Reinigung einer Turbinenschaufel, insbesondere einer Gasturbinenschaufel, anzugeben.

Die auf die Turbinenschaufel gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Turbinenschaufel mit einem Schaufelblattbereich, die einen Anströmbereich, einen

Abströmbereich sowie eine von einem Aktionsfluid umströmbare Außenwand aufweist, welche einen Innenraum zur Führung von Kühlmedium umschließt, wobei zumindest eine Durchtrittsöffnung für ein Inspektionswerkzeug und/oder Reinigungswerkzeug in den Innenraum vorgesehen ist.

Die Erfindung geht dabei von der Erkenntnis aus, daß auftretende Verunreinigungen im Inneren einer von einem Kühlmedium durchströmbar Turbinenschaufel, sowie andere Beschädigungen, wie z. B. Risse, meist innerhalb von definierten Teilbereichen der Turbinenschaufel auftreten. Solche Teilbereiche umfassen beispielsweise Toträume eines im Inneren der Turbinenschaufel angebrachten Zuführungskanals für Kühlmedium, in denen sich vom Kühlmedium mitgeführte Schmutzpartikel ablagern und den Zuführungskanal zusetzen oder Bereiche der Turbinenschaufel, insbesondere des Schaufelblattes, die besonderen mechanischen oder thermischen Belastungen ausgesetzt sind. Solche Teilbereiche der Turbinenschaufel lassen sich besonders gründlich durch ein Inspektionswerkzeug, z. B. ein Endoskop, untersuchen, welches direkt in die potentiell geschädigten Bereiche eingeführt werden kann. Um eine derartige Inspektion durchführen zu können muß ein Zugang zum Inneren der Turbinenschaufel geschaffen werden. Hierzu müssen die Turbinenschaufel aus der Turbine ausgebaut werden. Dies führt allerdings zu langen Inspektions- und damit Stillstandszeiten, die die Gesamteffektivität der Turbinenanlage vermindern.

Die Erfindung geht nun von der Überlegung aus, einen oder mehrere begrenzte Zugänge ins Innere der Turbinenschaufel zu schaffen, durch die insbesondere die Teilbereiche des Turbinenschaufelinneren für ein Inspektionswerkzeug und/oder zugänglich gemacht werden, in denen Beschädigungen und Verunreinigungen gehäuft auftreten, bzw. vermutet werden.

Ein solcher begrenzter Zugang ins Innere der Turbinenschaufel wird erfindungsgemäß durch eine Durchtrittsöffnung geschaffen, die den von einem Aktionsfluid durchströmbar Außenraum der Turbinenschaufel mit ihrem Inneren verbindet. Mit Hilfe der Durchtrittsöffnung ist es möglich innenliegende Teilbereiche der Turbinenschaufel mit erhöhter Verschmutzungs- oder Beschädigungsneigung mit einem geeigneten Inspektions- und/oder Reinigungswerkzeug zu untersuchen und ggf. zu reinigen, ohne daß die Turbinenschaufel dazu ausgebaut werden muß. Für die Inspektion und/oder Reinigung der Turbinenschaufel genügt es, einen kleinen Zugang in der Turbine zur betroffenen Turbinenschaufel zu schaffen, um das Inspektions- und/oder Reinigungswerkzeug in das Innere der Turbinenschaufel einzuführen. Ein solcher Zugang kann für die Turbinenschaufeln der ersten Turbinenstufe beispielsweise über eine Brennkammer der Turbine erfolgen, in welchen bereits eine oder mehrere Inspektionsöffnungen vorgesehen sein können. Der Zugang kann auch über zusätzliche Öffnungen im Turbinengehäuse erfolgen. Dadurch kann auf eine Öffnung des gesamten Turbinengehäuses verzichtet werden, was die Inspektionszeit deutlich verkürzt.

Der Durchmesser der Durchtrittsöffnung ist so gewählt, daß das durch die Durchtrittsöffnung ausströmende Kühlmedium keinen bedeutenden Mehrverbrauch an Kühlmedium zur Folge hat, und daß durch ausströmendes Kühlmedium keine zusätzliche Abkühlung des Aktionsmediums auftritt, was zu einer Verringerung des Wirkungsgrades führen könnte. Die Durchtrittsöffnung ist weiterhin so ausgeführt, daß im wesentlichen keine Beeinträchtigung der Kühlwirkung an der Turbinenschaufel auftritt. Dies ist möglich, da nur sehr wenige Durchtrittsöffnungen pro Turbinenschaufel notwendig sind, insbesondere nur eine Durchtrittsöffnung, um kritische Teilbereiche des Turbineninneren zu

untersuchen. Bei einer filmgekühlten Turbinenschaufel sind beispielsweise im Anströmbereich eine Vielzahl von Kühlluftöffnungen vorgesehen (beispielsweise ca. 100) aus denen Kühlluft austritt, die den Kühlfilm bildet. Wird nun in diesem Bereich eine Durchtrittsöffnung für ein Inspektions- und/oder Reinigungswerkzeug geschaffen, so liegt der erhöhte Kühlluftverbrauch unterhalb von einem Prozent und damit innerhalb üblicher Fertigungstoleranzeffekte. Bevorzugt liegt der Durchmesser der Durchtrittsöffnung oberhalb von 1 mm, insbesondere zwischen 1,2 mm bis 1,5 mm. Gegebenenfalls kann der Durchmesser der Durchtrittsöffnung auch oberhalb von 1,5 mm liegen.

Vorteilhafterweise befindet sich die Durchtrittsöffnung im Anströmbereich des Schaufelblattes der Turbinenschaufel. Der Anströmbereich, insbesondere der Anströmbereich der Turbinenschaufeln der ersten Turbinenstufe, ist für ein Inspektions- oder Reinigungswerkzeug besonders leicht zugänglich. Das gilt um so mehr, wenn das Inspektions- und/oder Reinigungswerkzeug von der Brennkammer der Turbine her an die Turbinenschaufel herangeführt wird und damit zuerst den Anströmbereich der Turbinenschaufel erreicht. So läßt sich vermeiden einen zusätzlichen Zugang durch das Turbinengehäuse zum Turbineninneren für die Inspektion und/oder Reinigung der Turbinenschaufel schaffen zu müssen.

Um die Zugänglichkeit des Inneren der Turbinenschaufel weiter zu erhöhen ist die Durchtrittsöffnung bevorzugt im Schaufelblattbereich im Bereich eines Endes der Turbinenschaufel angebracht. Dadurch können diese besonders häufig von Verschmutzungen und Beschädigungen betroffenen Bereiche leicht inspiziert werden. Wenn die Turbinenschaufel von der Brennkammer her nur schwer oder nicht zugänglich ist, kann die Durchtrittsöffnung einer z. B. als Laufschaufel eingesetzten Turbinenschaufel, an ihrem Kopfende, insbesondere auf einer Schaufelspitze angebracht sein. Durch einen kleinen Inspektionskanal im Turbinengehäuse der beispielsweise radial auf einen Rotor der Turbine zuläuft kann dann ein Inspektions- und/oder Reinigungswerkzeug zu einer Turbinenschaufel verfahren und aus dem Inspektionskanal durch die auf der Turbinenschaufelspitze angebrachte Durchtrittsöffnung in die Turbinenschaufel eingeführt werden.

Vorteilhafterweise verlaufen die Durchtrittsöffnungen im wesentlichen parallel zu einer Normalen der Außenwand der Turbinenschaufel. Dadurch wird der Vorteil erreicht, daß das Inspektions- und/oder Reinigungswerkzeug innerhalb eines weiten Bereiches gleichmäßig in jede Richtung im Inneren der Turbinenschaufel zur Untersuchung bzw. Reinigung eingeführt und gezielt gesteuert werden kann.

Weist die Turbinenschaufel in ihrem Inneren einen Kühleinsatz oder mehrere Zuführungskanäle für Kühlmedium auf, so sind vorteilhaft zusätzliche Bohrungen im Kühleinsatz oder in den Zuführungskanälen angebracht. Durch diese Bohrungen kann das Inspektions- und/oder Reinigungswerkzeug auch in den Kühleinsatz oder die Zuführungskanäle eingeführt werden. Die Bohrungen liegen bevorzugt in einer Flucht mit der in diesem Bereich vorgesehenen Durchtrittsöffnung durch die Außenwand der Turbinenschaufel, damit das Inspektions- und/oder Reinigungswerkzeug im wesentlichen geradlinig und damit einfach in den Kühleinsatz oder Zuführungskanal eingeführt werden kann.

Bevorzugtermaßen ist eine so ausgestaltete Turbinenschaufel als Leit- oder Laufschaufel in einer Gasturbine eingesetzt.

Die auf ein Verfahren zur Inspektion einer Turbinenschaufel gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gelöst, bei dem eine Turbinenschaufel, die zur Kühlung einen von einem Kühlmedium durchströmaren

Innenraum aufweist, dem eine Anzahl Kühlluftöffnungen, die aus dem Innenraum in den Anströmbereich und/oder Abströmbereich führen, zugeordnet ist, wobei durch eine Durchtrittsöffnung, welche von außen in den Innenraum der Turbinenschaufel führt, von außen ein Inspektionswerkzeug, insbesondere ein Endoskop, in den Innenraum der Turbinenschaufel eingeführt wird. Die auf ein Reinigungsverfahren gerichtete Aufgabe wird gelöst indem von außen durch die Durchtrittsöffnung ein Reinigungswerkzeug in den Innenraum eingeführt wird, mit dem ein Reinigungsfluid zur Säuberung in den Innenraum der Turbinenschaufel injiziert wird.

Von außerhalb des Turbinengehäuses kann so durch eine Inspektionsöffnung eines Turbinengehäuses, z. B. eine Öffnung der Brennkammer der Turbine, ein Inspektions- und/oder Reinigungswerkzeug an die Turbinenschaufel herangefahren und durch die Durchtrittsöffnung ins Innere der Turbinenschaufel eingeführt werden, ohne daß die Turbinenschaufel dazu vom Rotor oder vom Turbinengehäuse entfernt werden muß. Ein aufwendiger und zeitraubender Ausbau der Turbinenschaufel kann dadurch entfallen.

Vorteilhaft wird die Turbinenschaufel mit dem Inspektionswerkzeug auf Verunreinigungen der Zuführungskanäle und Kühlluftkanäle oder Beschädigungen der Turbinenschaufel untersucht. Anschließend kann an den verunreinigten Stellen gezielt ein Reinigungsfluid in das Innere der Turbinenschaufel injiziert werden, um Schmutzansammlungen aus der Turbinenschaufel herauszuspülen.

Mit der Verwendung einer so ausgestalteten Turbinenschaufel in einer Turbine und der Anwendung des Verfahrens können periodisch anfallende oder außergewöhnliche Untersuchungen und Reinigungen der Turbinenschaufeln in einer Turbine von außen, ohne aufwendiges Aus- und Einbauen der einzelnen Turbinenschaufeln durchgeführt werden, was zu einer erheblichen Reduzierung der Stillstandzeiten einer Turbinenanlage führt.

Anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele werden die Turbinenschaufel und das Verfahren zur Inspektion und/oder Reinigung der Turbinenschaufel näher erläutert. Es zeigen die Figuren in schematischer Darstellung:

**Fig. 1** einen Längsschnitt durch eine Turbinenschaufel mit Kühllufteinsatz und Durchtrittsöffnungen am Kopf- und Fußende der Turbinenschaufel,

**Fig. 2** einen Längsschnitt gemäß **Fig. 1** mit einem in den Innenraum der Turbinenschaufel eingeführtem Inspektions- und/oder Reinigungswerkzeug,

**Fig. 3** einen Längsschnitt durch eine Turbinenschaufel mit Kühlluftzuführ- und Kühlluftabführkanal mit eingeführtem Inspektions- und/oder Reinigungswerkzeug,

**Fig. 4** einen Querschnitt durch die Turbinenschaufel in **Fig. 3** mit eingeführtem Inspektions- und/oder Reinigungswerkzeug.

Gleiche Elemente tragen in den Figuren jeweils gleiche Bezugszeichen.

In **Fig. 1** ist eine Turbinenschaufel **1** gezeigt, die sich von einem Fußbereich **2** über einen Schaufelblattbereich **4** entlang einer Hauptachse **32** zu einem Kopfbereich **6** erstreckt. Die Hauptachse **32** ist gleich der Hauptausdehnungsachse der Turbinenschaufel **1**. Die Turbinenschaufel **1** umfaßt einen Innenraum **5**, in dem ein Kühllufteinsatz **8** angeordnet ist, welcher eine Anzahl von Öffnungen **10** zur Durchströmung von Kühlluft **17** aufweist. Der Schaufelblattbereich **4** der Turbinenschaufel **1** weist einen Anströmbereich **12** der von einem Aktionsfluid **16** der Turbine angeströmt wird, sowie einen Abströmbereich **14** auf. Die Turbinenschaufel **1** besitzt im Anströmbereich **12** eine Vielzahl von Kühlluftöffnungen **18** durch die Kühlluft **17** austreten und auf der Ober-

fläche der Turbinenschaufel 1 einen Kühlluftfilm ausbilden kann. Im Abströmbereich 14 befinden sich ebenfalls Kühlluftöffnungen 20, für die Kühlung der Turbinenschaufel 1 in diesem Bereich.

Am Fußende 7 des Schaufelblattbereiches 4 der Turbinenschaufel 1, ist im Anströmbereich 12 eine Durchtrittsöffnung 22 angebracht, die einen größeren Durchmesser als die benachbarten Kühlluftöffnungen 18 aufweist und im wesentlichen parallel zur Normalen der Oberfläche der Turbinenschaufel 1 geführt ist. Der Kühllufteinsatz 8 weist in diesem Bereich, auf der der Durchtrittsöffnung 22 zugewandten Seite, eine Bohrung 24, sowie auf der dieser Bohrung 24 gegenüberliegenden Seite eine weitere Bohrung 26 auf. Die Bohrungen 24 und 26 bilden eine Verlängerung der Durchtrittsöffnung 22, d. h. daß die drei Öffnungen 22, 24, 26 in einer Flucht liegen.

Im Kopfbereich 6 der Turbinenschaufel 1, auf einer Schaufelspitze 28 ist eine zusätzliche Durchtrittsöffnung 30 angebracht, die die Außenwand der Turbinenschaufel 1 in Richtung der Hauptachse 32 der Turbinenschaufel 1 durchstößt. Der Kühllufteinsatz 8 ist in seinem Kopfbereich mit einer weiteren Bohrung 34 versehen, die so angebracht ist, daß ein Inspektions- und/oder Reinigungswerkzeug durch die zusätzliche Durchtrittsöffnung 30 und durch die weitere Bohrung 34 im wesentlichen parallel zu der Hauptachse 32 ins Innere des Kühllufteinsatzes 8 eingeführt werden kann.

In Fig. 2 ist ein Längsschnitt durch die Turbinenschaufel 1 während eines Inspektions-, bzw. Reinigungsvorgang gezeigt. Durch die Durchtrittsöffnung 22 am Fußende des Schaufelblattbereiches 4 der Turbinenschaufel 1 ist als ein Inspektionswerkzeug ein Endoskop 35 von außen ins Innere der Turbinenschaufel 1 eingeführt. Das Endoskop reicht durch die in einer Flucht angeordneten Bohrungen 24 und 26 des Kühllufteinsatzes 8 bis in den Abströmbereich 14 des Inneren der Turbinenschaufel 1. Dort kann ein vom Kühllufteinsatz 8 und einer Wandung der Turbinenschaufel gebildeter Abführkanal 36, inspiziert werden. Insbesondere Schmutzablagerungen im Abführkanal 36, zugesetzte Kühlluftöffnungen 20 oder Schäden der Turbinenschaufel, wie z. B. Risse, können auf diese Weise entdeckt werden. Mit dem Endoskop 35 kann auch das Innere des Kühllufteinsatzes 8 entlang der gestrichelt ausgeführten Linien 38 und 40, durch die Durchtrittsöffnung 22 und die Bohrung 24, auf Schmutzablagerungen und eventuelle Schäden untersucht werden.

Werden bei der Inspektion Schmutzablagerungen festgestellt, die den Kühlluftfluß und die Kühlwirkung beeinträchtigen, wird auf dem bereits beschriebenen Weg anstelle des Endoskop 35 ein nicht dargestelltes Reinigungswerkzeug eingeführt. Das Reinigungswerkzeug kann beispielsweise als Einspritzkanüle ausgestaltet sein, durch die ein Reinigungsfluid ins Innere der Turbinenschaufel 1 an die verschmutzten Stellen injiziert werden kann, das die Schmutzpartikel aus dem Inneren der Turbinenschaufel 1 herauspült.

Im Kopfbereich 6 der Turbinenschaufel 1 wird die Inspektion durch die Durchtrittsöffnung 30 mit dem Endoskop 35 vorgenommen. Das Endoskop 35 reicht hier in den sich entlang der Hauptachse 32 nach unten erstreckenden Abführkanal 36, zur Inspektion derjenigen kritischen Teile des Abführkanals 36, die durch eine Untersuchung im Bereich des Fußes 2 durch die Durchtrittsöffnung 22 und die Bohrungen 24, 26 nicht erreicht werden können.

Das Endoskop 35 kann auch entlang der gestrichelten Linie 42 durch die Bohrung 34 in den Kühllufteinsatz 8 eingeführt werden um dessen oberen Bereich zu inspizieren. Wird das Endoskop 35 entlang der Linie 44 geführt, so kann auch der im Anströmbereich 12 befindliche Teil des Innenraums der Turbinenschaufel 1 untersucht werden, der vom Kühlluft-einsatz 8 und der von Kühlluftöffnungen 18 durchsetzten

Wandung der Turbinenschaufel 1 gebildet wird. Anschließend kann wie bereits beschrieben eine Einspritzkanüle in diese Bereiche eingeführt werden um Schmutzablagerungen zu entfernen.

In Fig. 3 ist eine Turbinenschaufel 50 gezeigt, die sich wiederum von einem Fußbereich 52 über einen Schaufelblattbereich 54 zu einem Kopfbereich 56 erstreckt und einen Anströmbereich 12 und einen Abströmbereich 14 aufweist. Auch die Turbinenschaufel 50 ist während des Betriebs mit einer Filmkühlung gekühlt, die durch aus Kühlluftöffnungen 58 im Anströmbereich 12 austretende Kühlluft erzeugt wird. Zur Kühlung der Turbinenschaufel 50 im Abströmbereich 14 sind weitere Kühlluftöffnungen 60 vorgesehen. Das Innere der Turbinenschaufel 50 ist durch einen Steg 62 geteilt, der zusammen mit der Wandung der Turbinenschaufel 50 zwei Kühlluftkanäle bildet, die sich im wesentlichen entlang der Hauptachse 63 vom Kopfbereich 56 zum Fußbereich 52 erstrecken.

Um einen Zugang zum Innenraum 5 der Turbinenschaufel 50 zur Inspektion und Reinigung zu ermöglichen weist die Turbinenschaufel 50 im Schaufelblattbereich 54 auf der Anströmseite 12 eine Durchtrittsöffnung 64 auf. Die Durchtrittsöffnung 64 befindet sich am Kopfbereich 56 der Turbinenschaufel 50 um die Inspektion der kritischen Teile der Turbinenschaufel 50 in diesem Bereich zu ermöglichen. Der Steg 62 besitzt auf Höhe der Durchtrittsöffnung 64 eine Bohrung 66, die eine Verlängerung der Durchtrittsöffnung 64 darstellt. Ein Endoskop 35 ist von außen durch die Durchtrittsöffnung 64 und die Bohrung 66 in den durch den Steg 62 und die Wandung im Abströmbereich 14 der Turbinenschaufel 50 gebildeten Kühlluftkanal eingeführt, der auf diese Weise von außen inspiziert werden kann. In Fig. 4 ist zur Verdeutlichung ein Querschnitt durch die Turbinenschaufel 50 entlang der Linie III-III in Fig. 3 mit eingeführtem Endoskop 35 gezeigt.

Wird das Endoskop 35 entlang der gestrichelten Linie 68 in die Turbinenschaufel 50 eingeführt, so kann der vom Steg 62 und der Wandung im Anströmbereich 12 gebildete Kühlluftkanal untersucht werden. Der Kopfbereich der Turbinenschaufel 50 kann dagegen untersucht werden, wenn das Endoskop 35 entlang der gestrichelten Linie 70 durch die Durchtrittsöffnung 64 ins Innere der Turbinenschaufel eingeführt wird. Anschließend kann, wie bereits zu Fig. 2 beschrieben, ein Reinigungswerkzeug an verschmutzten Stellen der Turbinenschaufel 50 ein Reinigungsfluid injizieren um den Schmutz aus der Turbinenschaufel 50 herauszuspielen.

#### Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (1) mit einem Schaufelblattbereich (4), die einen Anströmbereich (12), einen Abströmbereich (14) sowie eine von einem Aktionsfluid (16) umströmbare Außenwand (3) aufweist, welche einen Innenraum (5) zur Führung von Kühlmedium (17) umschließt, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest eine Durchtrittsöffnung (22) für ein Inspektionswerkzeug (35) und/oder Reinigungswerkzeug durch die Außenwand (3) in den Innenraum (5) vorgesehen ist.
2. Turbinenschaufel (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich die Durchtrittsöffnung (22) im Anströmbereich (9) befindet.
3. Turbinenschaufel (1), die sich entlang einer Achse (32) erstreckt, nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schaufelblattbereich (12) entlang der Achse (32) zwei gegenüberliegende Enden (6, 7) aufweist, wobei die Durchtrittsöffnung (22) im Bereich eines der Enden (6, 7) angeordnet ist.

4. Turbinenschaufel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchtrittsöffnung (22) im wesentlichen parallel zu einer Normalen der Außenwand (3) verläuft.
5. Turbinenschaufel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine zusätzliche Bohrung (24, 26, 34, 66) im Innenraum (3) in einem Kühlluft einsatz (8) und/oder einem Steg (62) vorgesehen sind, wobei die zusätzliche Bohrung (24, 26, 34, 66) in den Kühlluft einsatz (8) und/oder den Steg (62) im wesentlichen fluchtend zur Durchtrittsöffnung vorgesehen ist.
6. Turbinenschaufel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch, eine Ausgestaltung als Leit- oder Laufschaufel einer Gasturbine.
7. Turbinenschaufel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchtrittsöffnung (22, 30, 64) einen Durchmesser größer als 1 mm, insbesondere einen Durchmesser zwischen 1,2 mm und 1,5 mm, aufweist.
8. Verfahren zur Inspektion einer Turbinenschaufel (1), deren Schaufelblattbereich (4) einen Anströmbereich (12), der von dem Aktionsfluid (16) angeströmt wird, und einen gegenüberliegenden Abströmbereich (14) aufweist, und die Turbinenschaufel (1) zu ihrer Kühlung einen von einem Kühlmedium (17) durchströmmbaren Innenraum (5) umschließt, wobei eine Anzahl Kühlluftöffnungen (20), die aus dem Innenraum (5) in den Anströmbereich (12) und/oder den Abströmbereich (14) der Turbinenschaufel (1) führen, vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß durch eine Durchtrittsöffnung (22), welche von außen in den Innenraum (5) führt, von außen ein Inspektionswerkzeug (35), insbesondere ein Endoskop, in den Innenraum (5) der Turbinenschaufel (1) eingeführt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß nach einer erfolgten Inspektion mit dem Inspektionswerkzeug (35) gezielt Reinigungsfluid an verschmutzten Stellen in die Turbinenschaufel (1) injiziert wird.
10. Verfahren zur Reinigung einer Turbinenschaufel (1), deren Schaufelblattbereich (4) einen Anströmbereich (12), der von dem Aktionsfluid (16) angeströmt wird, und einen gegenüberliegenden Abströmbereich (14) aufweist, und die Turbinenschaufel (1) zu ihrer Kühlung einen von einem Kühlmedium (17) durchströmmbaren Innenraum (5) umschließt, wobei eine Anzahl Kühlluftöffnungen (20), die aus dem Innenraum (5) in den Anströmbereich (12) und/oder den Abströmbereich (14) der Turbinenschaufel (1) führen, vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß durch eine Durchtrittsöffnung (22) welche von außen in den Innenraum (5) führt, ein Reinigungswerkzeug in den Innenraum (5) eingeführt und mittels des Reinigungswerkzeug ein Reinigungsfluid zur Säuberung in den Innenraum (5) der Turbinenschaufel (1) injiziert wird.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

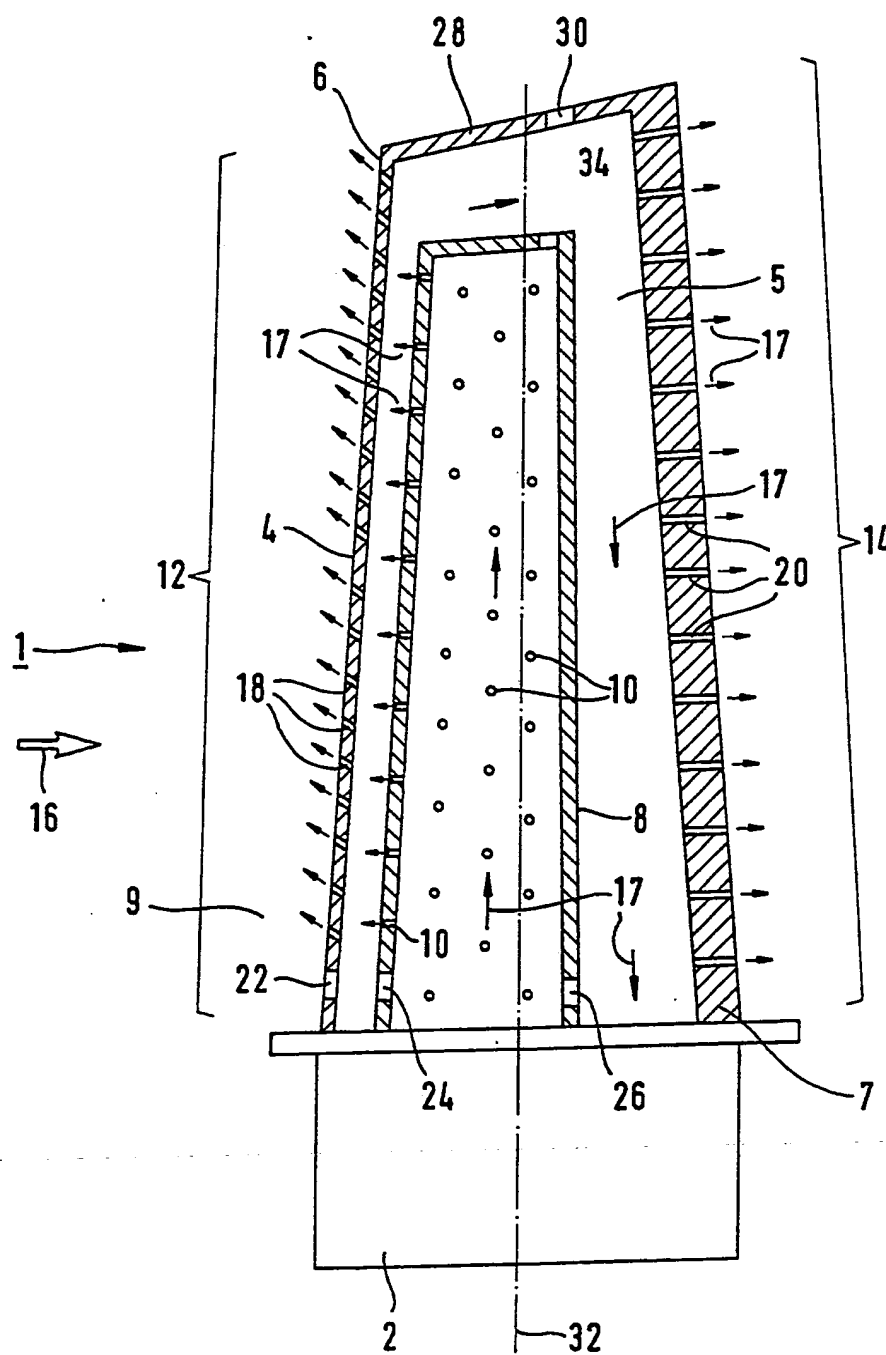


FIG 1

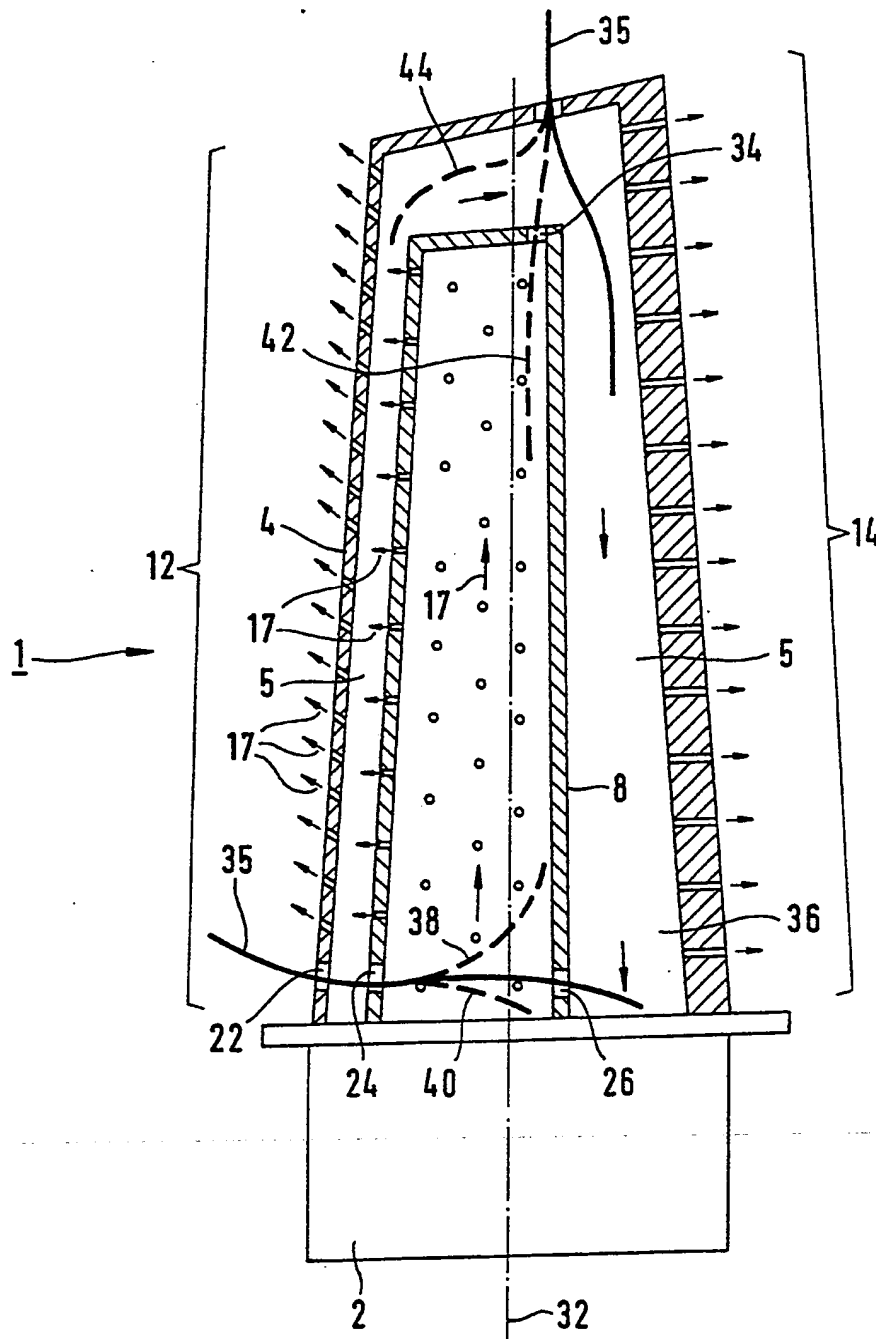


FIG 2



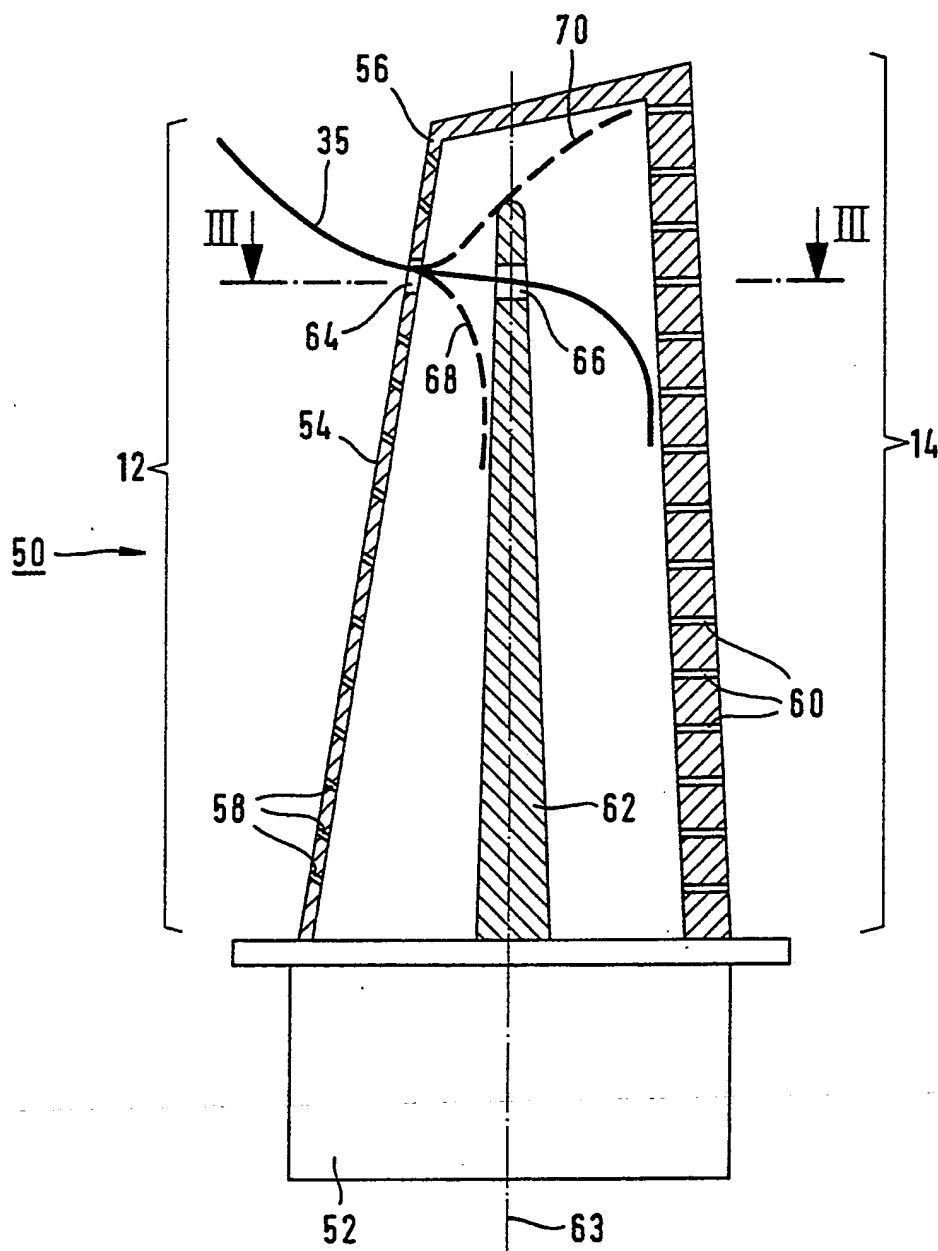


FIG 3

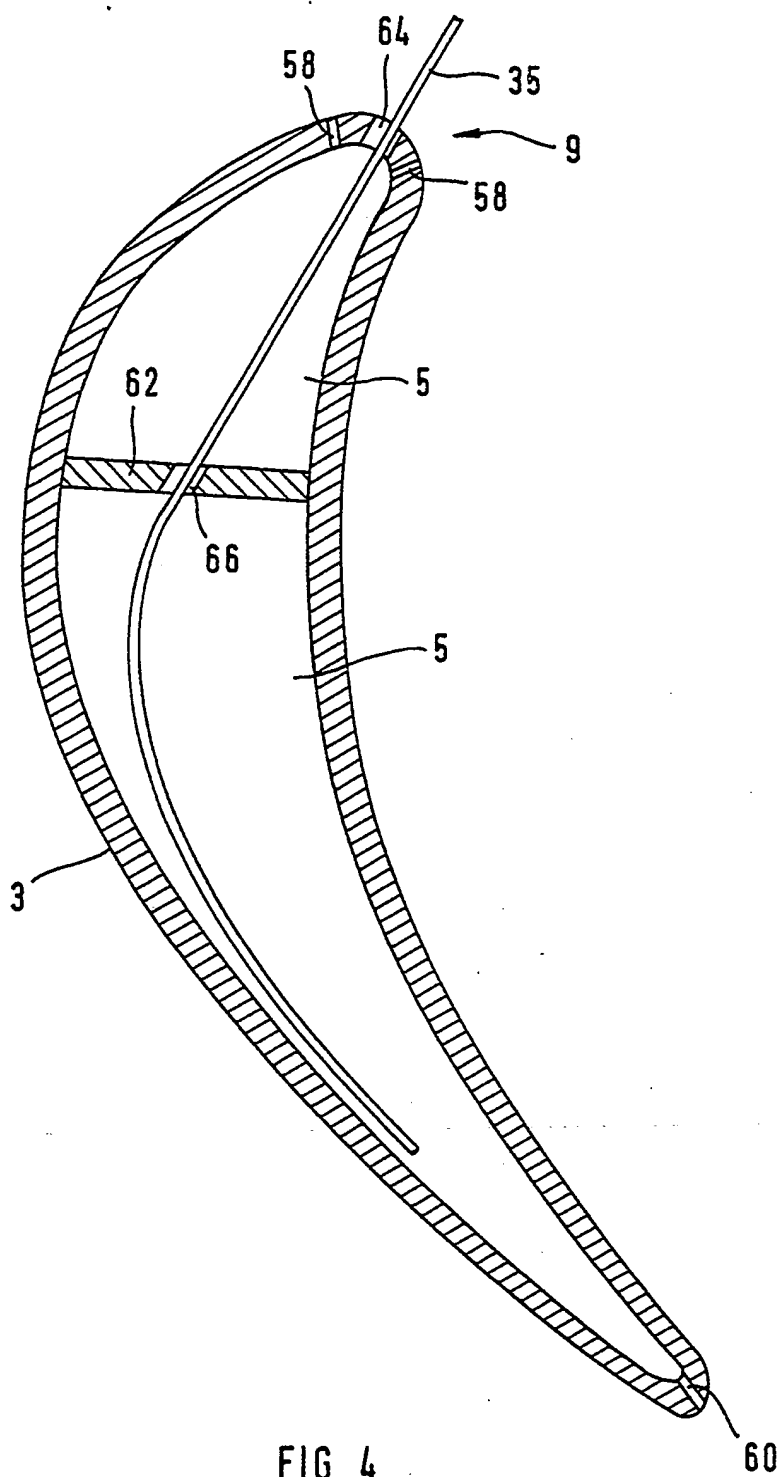


FIG 4